Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 217- 228

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص. 228-217

تأثیر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی‌سلولاز بر خصوصیات کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم

سپیده اعتزازیان[1]- محمد فاضل نجف آبادی[2]*- هاجر عباسی[2]

تاریخ دریافت: 1395/06/01
تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

کیک اسفنجی یکی از فرآورده‌های پر تقاضا و پرمصرف غلات بوده اما به‌دلیل داشتن گلوتن برای بیماران سلیاکی مناسب نیست. به همین جهت امروزه توجه به محصولات فاقد گلوتن گسترش یافته است. از طرفی غنی‌سازی کیک‌ها با فیبرهای رژیمی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ارزش غذایی این محصولات را افزایش می‌دهد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر جایگزینی پوست انار (12-0%)، صمغ گوار (1/5-0%) و آنزیم همی‌سلولاز (0-90ppm) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم است. بدین منظور از طرح آماری روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی استفاده گردید. نتایج آزمون‌های مختلف نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی پوست انار در فرمولاسیون، دانسیته و شاخص‌های رنگی L^* و b^* کاهش و رطوبت، درصد بازدارندگی رادیکال DPPH، سفتی و شاخص رنگی a^* افزایش یافت. از طرفی افزایش درصد جایگزینی صمغ باعث افزایش دانسیته و سفتی شد. افزودن آنزیم سبب کاهش روشنایی پوسته و افزایش دانسیته گردید. در ادامه خصوصیات کیک بهینه (یعنی کیکی که سفتی و دانسیته آن مشابه شاهد باشد) شامل 9/1 درصد پوست انار و 0/56 درصد صمغ گوار و فاقد آنزیم با کیک شاهد مقایسه گردید و نتایج نشان داد، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافتی کیک بهینه تا حد زیادی به کیک شاهد مشابه بوده و تفاوت اصلی در خواص حسی ناشی از پس طعم پوست انار بوده که با استفاده از طعم دهنده‌ها قابل اصلاح است.

واژه‌های کلیدی: کیک اسفنجی فاقد گلوتن، پوست انار، صمغ گوار، آنزیم همی‌سلولاز، سلیاک

مقدمه

محصولات آردی از پر مصرف‌ترین محصولات غذایی در سرار جهان محسوب می‌شوند. از میان این محصولات، کیک به‌واسطه ویژگی‌های حسی مناسب، مورد استقبال و پسند مصرف‌کنندگان واقع شده است (Mastakidou *et al*., 2010). البته این محصول به دلیل داشتن گلوتن برای بیماران سلیاکی مناسب نیست و به همین جهت امروزه توجه به محصولات فاقد گلوتن گسترش یافته است. در تولید این قبیل محصولات می‌توان از مواد نشاسته‌ای عاری از گلوتن (ذرت، سیب‌زمینی، گندم و برنج) استفاده کرد (Demirkesen *et al*., 2010). از طرفی جهت تولید محصولات بدون گلوتن، به‌دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل‌دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین‌تر و بروز برخی از مشکلات کیفی در محصول مانند حجم پایین و بافت ضعیف، می‌توان با هدف بهبود بافت، احساس دهانی و پذیرش کلی، به‌گونه‌ای که قابلیت استفاده توسط بیماران سلیاکی را هم داشته باشد، از ترکیباتی نظیر آنزیم‌ها و صمغ‌ها، به‌منظور تقلید خواص ویسکوالاستیکی مشابه گلوتن استفاده نمود (Yaseen *et al*., 2005). صمغ گوار به‌طور وسیعی در صنایع غذایی به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها و به‌ویژه برای حفظ رطوبت، کنترل بافت و در محصولات نانوایی و آردی جهت افزایش دوره نگهداری محصول و جهت تولید محصولات بدون گلوتن استفاده می‌شود (Demirkesen *et al*., 2010). از سوی دیگر آنزیم‌ها را می‌توان به محصولات غلات با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود نرمی و انعطاف‌پذیری خمیر، بهبود بافت و حجم محصول نهایی اضافه کرد (Hilhorst, 1999). همی‌سلولاز جهت هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌های موجود در آرد استفاده شده و باعث تجزیه همی‌سلولز (پنتوزان) به ملکول‌های کوچکتر می‌گردد و ظرفیت اتصال آب پنتوزان‌های آرد را کاهش می‌دهد (Law and Whitehurst, 2002)، در نتیجه آب می‌تواند میان سایر مواد تشکیل‌دهنده فرمولاسیون پخش شده و ویسکوزیته خمیر را کاهش

1 و2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
(* - نویسنده مسئول: Email: mfazeln@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.58355

دهد (Popper, 2004). قابل توجه است که، با وجود تحقیقات گسترده بر روی کیک، هنوز هم این محصول دارای ارزش تغذیه‌ای ضعیف در مقایسه با محصولات غذایی دیگر است. یکی از گزینه‌های ممکن برای غنی سازی این محصول، استفاده از فیبر می‌باشد. از اثرات مثبت افزودن فیبر به محصولات غلات، بهبود نرمی بافت از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود عطر، طعم و رنگ می‌باشد (Wang and Rosell, 2002). منابع متنوعی از فیبرها نظیر سبوس غلات، هسته و پوسته میوه‌ها، برای استفاده در غذاهای مختلف وجود دارد که استفاده از فیبر حاصل از ضایعات میوه‌جات به‌عنوان روشی جهت استفاده بهینه از ضایعات در جهت تولید محصولی با ارزش تغذیه‌ای بالاتر و واجد اثرات سلامت بخشی مطرح می‌باشد (Jeltema et al., 1983). انار با نام علمی *Punica Granatum*، یکی از میوه‌های بومی کشت شده در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بوده که ضایعات آن متشکل از قطعات غیرخوراکی (عمدتا پوست و غشاهای داخلی)، به‌عنوان یکی از با ارزش‌ترین محصولات صنایع غذایی در نظر گرفته می‌شود (Cam and Hisil, 2010). بررسی‌ها نشان داده است پوست انار خشک، پودر و عصاره-گیری شده منبع غنی از فیبر رژیمی، مواد بیواکتیو، فنل‌ها و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است (Li *et al*., 2006). در همین راستا Kanatt و همکاران (2010) اثر آنتی‌اکسیدانی و پتانسیل ضدمیکروبی پوست انار و عصاره دانه انار را مورد بررسی قرار دادند که عصاره پوست انار فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار عالی نشان داد. از سوی دیگر نقی‌پور و همکاران (1390)، اثر افزودن صمغ گوار و زانتان را بر پارامترهای کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم مورد بررسی قرار دادند. نتایج به وضوح نشان داد که صمغ زانتان و گوار، به‌خصوص در حالت ترکیبی، علاوه بر افزایش میزان رطوبت، قادر به افزایش تخلخل و مؤلفه L^* پوسته، بهبود ویژگی‌های حسی و کاهش سفتی بافت در دو فاصله زمانی 2 ساعت و یک هفته پس از پخت، بودند. علاوه بر این در سال 2012، Gulart و همکاران اثر جایگزینی فیبرهای مختلف از جمله محلول (اینولین و صمغ گوار) و نامحلول (فیبر جو دو سر) را به‌صورت جداگانه یا ترکیبی، تا 20% جایگزین آرد برنج، به‌منظور بهبود خواص عملکردی کیک لایه‌ای فاقد گلوتن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که اختلاط فیبرها، به استثنای اینولین، ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد. مخلوط فیبرهای اینولین و سبوس جو در کیک‌های غنی شده باعث افزایش حجم ویژه کیک شد. پوسته و مغز کیک در حضور فیبر، به استثنای جو دو سر - گوار، به‌طور قابل ملاحظه‌ای روشن‌تر بود. فیبرها و مخلوط آن‌ها، سبب افزایش سفتی مغز کیک شدند. بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته و نیاز جامعه به تولید محصولات بدون گلوتن و غنی‌سازی آن‌ها، هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن بر پایه نشاسته گندم و اثر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی‌سلولاز بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی این محصول بوده است.

مواد و روش‌ها

نشاسته گندم با (0/21±)10/71 رطوبت و فاقد گلوتن، تخم مرغ، شکر، روغن مایع، وانیل و بکینگ پودر از فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری و در محل مناسب نگهداری شد. انار با واریته ملس داراب از میدان تره و بار تهیه گردید. صمغ (Bicol ،E412) از آزمایشگاه صنایع غذایی در شهرک تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان و آنزیم همی‌سلولاز (XSP6 BG Bakemyl، راد بازرگانان افق)، در تهران، خریداری شد.

تهیه پودر پوست انار

پس از جداسازی پوست از انار کامل، پوست‌ها شسته شده و ضدعفونی گردید. بعد از خشک شدن پوست‌ها در هوای آزاد در سایه در دمای حدود 20 درجه، آن‌ها را با دستگاه آسیاب (Moulinex، 320/223، فرانسه) و سپس با الک با مش 140 الک کرده به‌گونه‌ای که ذرات حاصل، اندازه‌ای مشابه ذرات نشاسته مورد استفاده در کیک داشتند.

تهیه خمیر و تولید کیک

نمونه‌های کیک براساس وزن خمیر بر حسب درصد، در 18 سطح درصد پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی‌سلولاز (جدول 1) به‌همراه نمونه شاهد تهیه شد. مواد مورد استفاده طی سه مرحله مخلوط و آماده سازی شد. در مرحله اول شکر، تخم‌مرغ و وانیل مخلوط شده، در مرحله دوم مواد مایع فرمول از جمله آب و روغن اضافه و مخلوط شد. در مرحله آخر مواد جامد شامل پوست انار، صمغ، آنزیم، نشاسته گندم (با توجه به نوع تیمار) و بکینگ پودر اضافه و مخلوط شد. سپس خمیر در قالب‌های کیک ریخته شده و در فر با دمای 110 درجه سانتی‌گراد به مدت 45-40 قرار گرفت. پس از پخت و رسیدن دمای کیک‌ها به دمای محیط، کیک‌ها به‌منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی در بسته‌های پروپیلن با ضخامت 100 میکرون بسته‌بندی شدند.

آزمون‌های کمی و کیفی کیک

آزمون رطوبت سنجی: جهت انجام این آزمایش از استاندارد ملی ایران شماره 2705 استفاده گردید. بدین منظور وزن نمونه قبل و بعد از آون‌گذاری در دمای 105 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری دانسیته: دانسیته کیک پس از تعیین حجم با

استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا محاسبه شد (Le-Bail *et al.*, 2010).

ارزیابی سفتی بافت: در این پژوهش برای ارزیابی سفتی بافت (Santam، STM 200، ایران) استفاده شد. به این منظور قطعه‌ای استوانه‌ای از مغز کیک به قطر 25 میلی‌متر و ارتفاع 20 میلی‌متر جدا شده و فشردگی در طی دو مرحله رفت و برگشتی، تا میزان 50 درصد ارتفاع اولیه (10 میلی‌متر) و توسط پروبی به قطر 38/1 میلی‌متر، ارتفاع 20 میلی‌متر و مدل TA4/1000 clear Perspex با سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه انجام شد و شاخص سفتی محاسبه گردید (Gulart *et al*., 2012).

ارزیابی رنگ پوسته و مغز: آنالیز رنگ کیک در روز اول تولید با استفاده از سیستم رنگ‌سنجی CIE Lab از طریق تعیین شاخص‌های رنگی و با استفاده از جعبه مخصوص رنگ‌سنجی (محفظه نوری) انجام گرفت. به این منظور، با دوربین با زوم 2x(0.4m) و وضوح 180 dpi و بدون فلش، از نمونه‌ها عکس برداری شد. عکس‌ها به نرم‌افزار Image J انتقال یافته و شاخص‌های رنگی RGB محاسبه شد. در نهایت با تبدیل RGB به Lab، شاخص‌های L^* (میزان روشنی)، a^* (میزان قرمزی) و b^* (میزان زردی) تعیین شد (Sariciban & Tahsin, 2010).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: DPPHبرای اندازه‌گیری فعالیت ضد اکسایشی استفاده شده و جذب مخلوط‌ها در طول موج 517 nm با طیف سنج نوری (Unico، S-2100، نیوجرسی) اندازه‌گیری شد. برای این منظور 100 میکرولیتر عصاره کیک رقیق شده با متانول: آب (6:4) با 3 میلی‌لیتر محلول DPPH (0/16 میلی‌مولار در متانول) مخلوط گردید و جذب آن بعد از 30 دقیقه نگهداری در تاریکی قرائت گردید (فضلی و همکاران، 1392).

جدول 1- متغیرها و سطوح مورد استفاده به‌منظور تهیه کیک

نمونه	پوست انار (%)	صمغ (%)	آنزیم (ppm)
1	2	0/25	15
2	10	0/25	15
3	2	1/25	15
4	10	1/25	15
5	2	0/25	75
6	10	0/25	75
7	2	1/25	75
8	10	1/25	75
9	0	0/75	45
10	12	0/75	45
11	6	0	45
12	6	1/5	45
13	6	0/75	0
14	6	0/75	90
15	6	0/75	45
16	6	0/75	45
17	6	0/75	45
18	6	0/75	45

ارزیابی خواص حسی: خواص ارگانولپتیک کیک‌ها با استفاده از آزمون هدونیک 6 نقطه‌ای[1] با 30 پنلیست ارزیابی شد. تمامی کیک‌ها بعد از 24 ساعت نگهداری در شرایط یکسان از نظر مطلوبیت بافت دهانی، مطلوبیت بافت ظاهری، عطر وطعم، رنگ، پس طعم و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرم‌های مربوطه تهیه و در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. از آن‌ها خواسته شد نمونه‌ها را ارزیابی کرده و از مطلوبیت زیاد تا نامطلوب زیاد به‌ترتیب از 6 تا 1 امتیاز دهند. لازم به ذکر است در مورد پس طعم، مطلوبیت زیاد به معنای عدم پس طعم و نامطلوبیت زیاد بیانگر بیشترین پس طعم است (Meilgaard *et al*., 1999).

1 Six Point Hedonic Test

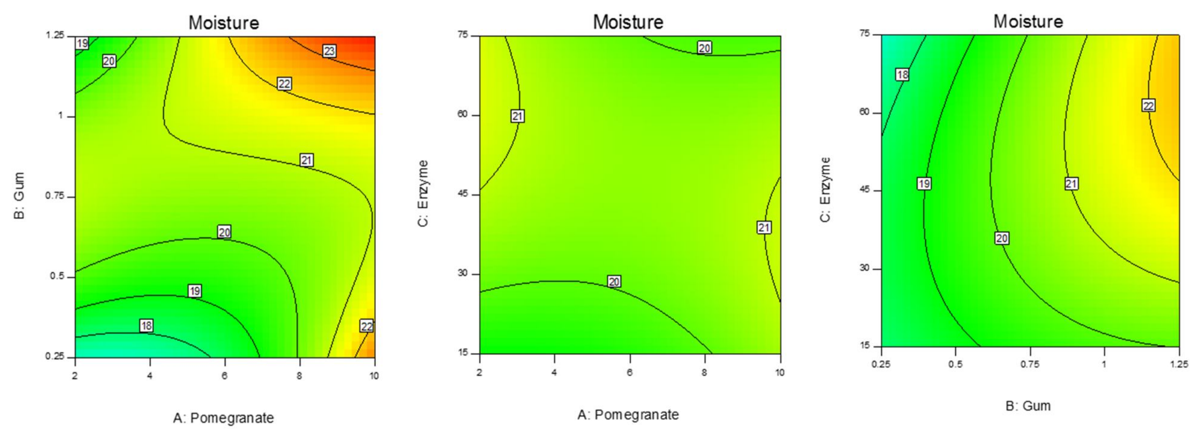
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف پوست انار، صمغ و آنزیم بر خواص کیک، از روش طرح سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی با 3 متغیر و 4 نقطه مرکزی استفاده و آزمون بافت در 4 تکرار و آزمون رنگ پوسته و مغز، رطوبت و دانسیته در 3 تکرار انجام می‌شود. در ادامه برای تعیین نقطه بهینه یعنی تعیین درصدهای مناسب پودر پوست انار، صمغ و آنزیم، از نرم‌افزار Design-Expert 7.0.0 استفاده شد. هدف تعیین نقطه‌ای است که در آن میزان دانسیته و سفتی کیک حداقل مقدار ممکن بوده و فاکتورهای مذکور در محدوده کیک شاهد است. در ادامه کیک بهینه و کیک شاهد تهیه شده و خصوصیات آن با یکدیگر مقایسه گردید و علاوه بر آزمون‌های قبلی، آزمون حسی نیز انجام شد. ضمن آنکه کیک اسفنجی با فرمولاسیون بهینه، از نظر میزان رطوبت و سفتی در طول 14 روز نگهداری (روزهای 1، 7 و 14) مورد بررسی قرار گرفت. در پایان، خصوصیات کیک بهینه و شاهد در سطح اطمینان 95درصد و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده گردید.

نتایج و بحث

رطوبت

با توجه به شکل 1، نتایج نشان داد که پوست انار و صمغ به‌صورت معنی‌داری اثر افزایشی بر رطوبت داشته که البته با افزایش صمغ، تأثیر افزایش انار کاهش می‌یابد. آنزیم بر این فاکتور بی‌اثر است. با توجه به اینکه افزایش فیبر و صمغ، جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد این مسئله قابل توجیه است. در مطالعه‌ای که بر روی اثر صمغ گوار و زانتان بر کیک روغنی بدون گلوتن بر پایه سورگوم توسط نقی‌پور و همکاران (1390) صورت گرفت، مشاهده شد که رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین مطالعات Kim و همکاران (2012) بر روی اثر افزودن فیبر به کیک اسفنجی، حاکی از افزایش رطوبت نمونه‌ها بود.



شکل 1- کانتورهای دوبعدی میزان رطوبت کیک اسفنجی در مقابل پوست انار، صمغ و آنزیم

دانسیته

با توجه به نتایج، افزودن پوست انار و صمغ به‌طور معنی‌داری در سطح 5%، در مقدار کم سبب کاهش دانسیته و در مقدار زیاد سبب افزایش دانسیته شد. آنزیم هم اثر افزایشی بر این پارامتر داشت. با توجه به اینکه پایه اصلی کیک، نشاسته بوده که فاقد گلوتن است، در نتیجه ماتریکس مناسبی برای حفظ گاز و متخلخل شدن بافت ایجاد نمی‌شود. از طرفی فیبر و صمغ در مقدار کم سبب بهبود ایجاد ماتریکس و حفظ هوا شده و حجم افزایش می‌یابد. در مقدار زیاد فیبر و صمغ با ایجاد سفتی از افزایش حجم جلوگیری کرده و دانسیته را افزایش می‌دهند، که با نتایج Lee و همکاران (2011) که با جاگزینی آرد گندم با یولاف، افزایش حجم و کاهش دانسیته را گزارش کردند؛ مطابقت داشت. افزایش قدرت جذب آب آنزیم با خرد کردن پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، سبب افزایش میزان جذب آب خمیر شده که این افزایش در غلظت‌های بالا مانع از اتساع و گسترش مطلوب حباب‌های هوای موجود در خمیر خواهد شد. به همین دلیل افزایش دانسیته ناشی از افزایش آنزیم را می‌توان به رطوبت بالای خمیر نسبت داد که با پژوهش‌های Gomez و همکاران (2005) مطابقت دارد.

سفتی

با توجه به نتایج (جدول 2 و شکل 2)، می‌توان گفت افزودن پوست انار به‌صورت معنی‌دار و صمغ بدون اختلاف معنی‌دار بر سفتی کیک اثر افزایشی داشته، از طرفی افزودن آنزیم نیز بدون اختلاف معنی‌دار اثر کاهشی خفیفی بر این پارامتر نشان داد. فیبرها با برقراری

اتصال با ساختار گلوتنی و شبه گلوتنی (ناشی از صمغ در محصولات فاقد گلوتن) سبب سفت شدن بافت شدند. نتایج تحقیقات جعفری (1393) در مورد بررسی امکان غنی‌سازی کیک با استفاده از فیبر حاصل از میوه‌ها و سبزیجات، نشان‌دهنده سفت‌تر شدن بافت کیک با بیشتر شدن میزان فیبر بوده که تاییدکننده این نتیجه است. صمغ گوار به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها استفاده شده و مانع از هم پاشیدن خمیر گشته، همچنین حضور صمغ سبب تقویت دیواره سلول‌های تشکیل‌دهنده حفرات کیک نیز شده است. لذا افزایش مقدار آن سبب سفتی بافت کیک و افزایش مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده از طرف پروب دستگاه می‌شود. نتایج بررسی ایوبی و همکاران (1387) بر تاثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیک روغنی، نشان‌دهنده افزایش سفتی بافت در اثر افزایش صمغ بود. همچنین نتایج تحقیقات Guarda و همکاران (2003) در بررسی خواص نان حجیم حاوی چندین هیدروکلوئید (آلژینات سدیم، گوار، زانتان، κ-کاراگینان و هیدروکسی پروپیل‌متیل‌سلولز) نشان داد که هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان و κ-کاراگینان سبب سفت شدن نان می‌شوند. آنزیم همی‌سلولاز نیز با هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌های آرد سبب کاهش ویسکوزیته خمیر و در نهایت نرم شدن بافت کیک می‌شود. گزارشی از Popper (2004) در خصوص اثر همی‌سلولازها در خمیر نان ویفر حاکی از افت شدید ویسکوزیته خمیر و کاهش انرژی مصرفی برای فشردن محصول بود.

جدول 2- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر سفتی بافت کیک اسفنجی

	پاسخ
ضریب	**سفتی (g)**
ثابت	$581/233^{***}$
پوست انار	$-79/368^{***}$
صمغ	-644/169
آنزیم	-0/732
انار * صمغ	$114/897^{***}$
انار * آنزیم	$0/117^{**}$
صمغ * آنزیم	
$انار^2$	$2/914^{***}$
$صمغ^2$	257/409
$آنزیم^2$	
انار * صمغ * آنزیم	
$انار^2$ * صمغ	-1/943
$انار^2$ * آنزیم	
انار * $صمغ^2$	$-40/656^{***}$
R^2	0/714

*، **، *** و بدون ستاره به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

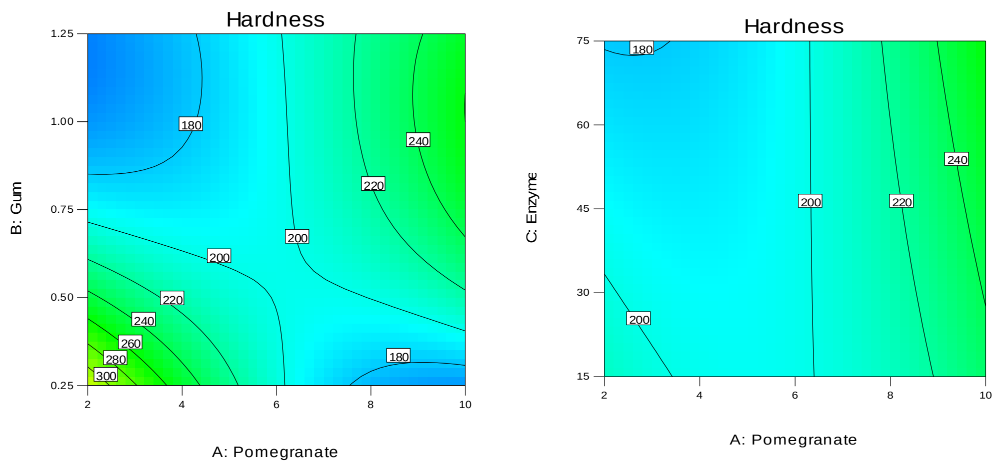
رنگ پوسته و مغز

نتایج بررسی تأثیر پوست انار حاکی از اثر افزایشی آن بر a^* و اثر کاهشی بر L^* و b^* است. فیبر و رنگدانه‌های طبیعی آنتوسیانین موجود در پوست انار بر تیرگی رنگ نمونه‌ها تأثیر گذاشته و باعث کاهش L^* می‌شود. به سبب همین رنگدانه، a^* یعنی قرمزی در کیک افزایش یافته و به علت تغییر رنگ از زرد پررنگ در کیک فاقد پوست انار به قرمز کم‌رنگ ناشی از افزایش پوست انار، b^* کاهش می‌یابد. Srivastava و همکاران (2014)، با افزودن پوست انار خشک شده بر خواص بیسکوییت، افزایش قرمزی و کاهش زردی را مشاهده کردند. Kim و همکاران (2012) اثر فیبر حاصل از گیاه اوپنتیا هومیفیسا را در کیک اسفنجی مورد بررسی قرار داده و نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های رنگی از جمله L^* مطابق با این تحقیق بود. در سال 1393 هم جعفری جهت بهبود خواص کیک، از فیبر سیب درختی استفاده کرده و نتایج تیره‌تر شدن کیک را نشان داد.

از طرفی بررسی تأثیر صمغ نشان داد که افزودن صمغ باعث کاهش L^* مغز، افزایش خفیف L^* پوسته و افزایش خفیف a^* پوسته و مغز شده که همگی معنی‌داری بودند ولی بر b^* پوسته و مغز بی تأثیر است. در اثر افزایش دانسیته توسط صمغ و به دنبال آن تراکم مغز، تراکم رنگ بیشتر به نظر آمده و مغز تیره‌تر و L^* کمتر شده است که مطابق با نتایج Gomez و همکاران (2005) است. نقی‌پور و همکاران

(1390) اثر افزودن صمغ گوار را بر ویژگی‌های کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم مورد بررسی قرار داده و نتایج حاکی از افزایش L^* پوسته بود.

از سوی دیگر با بررسی نتایج افزودن آنزیم می‌توان گفت، آنزیم اثر افزایشی بر a^* و b^* و اثر کاهشی خفیف بر L^* دارد. در اثر هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌ها توسط آنزیم و جذب بیشتر رطوبت، واکنش مایلارد بیشتری رخ داده و رنگ به سمت تیرگی رفته و L^* کاهش یافته است. از طرفی در میزان زردی (b^*)، با توجه به اثر شدید پوست انار، اثر آنزیم خفیف بوده و قابل توجه نیست. نتایج مطالعه Haarasilta و همکاران (1993) برای تولید محصولاتی نظیر بیسکوییت و نان سوخاری با اضافه کردن همی‌سلولاز و سلولاز، با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. (جدول 3 و 4).



شکل2- کانتورهای دوبعدی میزان سفتی کیک اسفنجی در مقابل پوست انار، صمغ و آنزیم

جدول 3- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات رنگی پوسته کیک اسفنجی

	پاسخ		
ضریب	L^*	a^*	b^*
ثابت	36/987***	-3/160***	30/837***
پوست انار	1/107***	2/070***	-8/395***
صمغ	54/969***	10/498***	31/230***
آنزیم	0/245***	0/089***	-0/081***
انار * صمغ	-7/622	-1/263***	-1/566
انار * آنزیم	-0/044	0/040	0/075***
صمغ * آنزیم	-0/042*	-	0/048**
انار^2	0/0091***	-0/020***	0/765***
صمغ^2	-34/141***	-	-28/759
آنزیم^2	-0/0018***	-0/0017***	-
انار * صمغ * آنزیم	-	-	0/022**
انار^2 * صمغ	-	-	-0/439***
انار^2 * آنزیم	0/0040***	-0/0033**	-0/0060***
انار * صمغ^2	5/121***	-	5/080***
R^2	0/885	0/838	0/864

*، **، *** و بدون ستاره به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول 4- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات رنگی مغز کیک اسفنجی

ضریب	پاسخ		
	L^*	a^*	b^*
ثابت	33/645***	17/857***	24/416***
پوست انار	1/615***	0/276***	-3/687
صمغ	78/486*	-51/193***	-7/010
آنزیم	0/227**	-0/121**	0/072***
انار * صمغ	-13/382	9/215**	1/218***
انار * آنزیم	-0/053	0/015***	-
صمغ * آنزیم	-	-	-
$انار^2$	0/135***	-0/236***	0/225***
$صمغ^2$	-52/266	34/324	-
$آنزیم^2$	-0/0012*	-	-
انار * صمغ * آنزیم	-	-	-
$انار^2$ * صمغ	-	-	-
$انار^2$ * آنزیم	0/0041*	-	-
انار * $صمغ^2$	8/715***	-5/767***	-
R^2	0/854	0/900	0/547

*، **، *** و بدون ستاره به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

فعالیت مهار رادیکال DPPH

نتایج حاکی از اثر افزایشی پوست انار بر DPPH بوده ولی افزودن صمغ و آنزیم بی‌اثر می‌باشند. در این آزمون میزان غیرفعال نمودن رادیکال‌های DPPH که یک رادیکال آزاد ناپایدار با رنگ صورتی و دارای بیشینه جذب در طول موج 517 نانومتر بوده، ارزیابی می‌شود که اثر آنتی‌اکسیدانی با از بین رفتن رادیکال DPPH در نمونه آزمون متناسب است. پوست انار سرشار از آنتی‌اکسیدان بوده در نتیجه افزایش میزان آن قادر به غیرفعال نمودن بیشتر رادیکال‌های DPPH می‌باشد. Kanatt و همکاران (2010) اثر آنتی‌اکسیدانی پوست انار را مورد بررسی قرار داده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار عالی از عصاره پوست انار مشاهده کردند. همچنین در سال 2014، Cam و همکاران عصاره پوست انار را به‌منظور افزایش خواص عملکردی بستنی به فرمولاسیون آن افزوده و بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در محصول مشاهده کردند. قابل ذکر است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی پوست انار حتی با اعمال حرارت نیز همچنان باقی می‌ماند. Srivastava و همکاران (2014) نیز اثر پودر پوست انار خشک شده را بر خواص بیسکویت مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیسکوییت افزایش یافت

بهینه‌سازی

نقطه بهینه (نقطه‌ای که در آن میزان دانسیته و سفتی کیک حداقل و در محدوده کیک شاهد گندم (جدول 5) است)، برای فرمولاسیون کیک اسفنجی حاوی پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی‌سلولاز در جدول 6 نشان داده شده است.

جدول 5- تأثیر مقدار پوست انار، صمغ و آنزیم به روش سطح پاسخ بر سفتی و دانسیته کیک شاهد گندم

تیمار	سفتی (g)	دانسیته (g/cm3)
شاهد گندم	168/20 ± 95/5	0/42 ± 0/03

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است.

جدول 6- سطوح بهینه متغیرها

متغیر	پوست انار (٪)	صمغ (٪)	آنزیم (ppm)
سطح بهینه	9/1	0/56	0

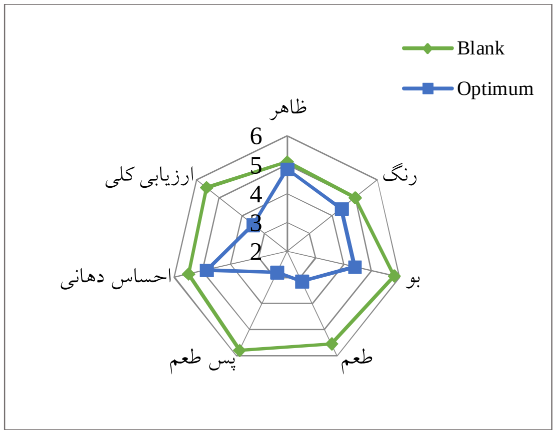
بررسی ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و کیک اسفنجی شاهد در روز اول

با توجه به جدول 7، نتایج نشان می‌دهد که در سطح احتمال 5% ($p<0/05$) کیک اسفنجی بهینه از لحاظ تمام ویژگی‌های حسی، به استثنای مطلوبیت بافت ظاهری، با کیک اسفنجی شاهد تفاوت معنی‌داری داشته و در همه پارامترها، نمونه شاهد بهتر از نمونه بهینه است. در شکل 3 مقایسه ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد نشان داده شده است.

جدول 7- نتایج بررسی ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه با کیک اسفنجی شاهد

تیمار	مطلوبیت بافت دهانی	مطلوبیت بافت ظاهری	عطر	طعم	پس طعم	رنگ	پذیرش کلی
نمونه بهینه	4/9 ± 0/8[b]	4/9 ± 0/7[a]	4/4 ± 0/9[b]	3/2 ± 1/2[b]	2/8 ± 1/1[b]	4/4 ± 1/1[b]	3/5 ± 1/1[b]
نمونه شاهد	5/5 ± 0/6[a]	5/1 ± 0/6[a]	5/8 ± 0/6[a]	5/6 ± 0/5[a]	5/8 ± 0/4[a]	5/0 ± 0/8[a]	5/6 ± 0/6[a]

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده و در هر ستون حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% است.



شکل 3- مقایسه ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد

بررسی میزان خصوصیات کیک اسفنجی بهینه و شاهد آرد گندم در طی 14 روز ماندگاری

رطوبت

با توجه به شکل 4، از نظر رطوبت در طی زمان بین نمونه بهینه و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد که از روز 1 به 7 کاهش یافته و سپس ثابت شده است. در مجموع می‌توان گفت رطوبت نمونه بهینه بیشتر از نمونه شاهد بوده و افت رطوبت نمونه شاهد در طی زمان بیشتر از نمونه بهینه است. علت بالاتر بودن میزان رطوبت نمونه بهینه نسبت به شاهد، قدرت بالای فیبر موجود در پوست انار و صمغ در جذب آب در حین فرآیند پخت و نگهداری آب در طی ماندگاری است. نتایج Guarda و همکاران (2003) بر روی نان حجیم حاوی صمغ گوار نیز حاکی از بیشتر بودن رطوبت و کاهش از دست دادن رطوبت نسبت به شاهد، در طول ذخیره‌سازی بود. لازم به ذکر است با وجود رطوبت بالای نمونه بهینه، هیچ‌گونه الودگی قارچی در طی زمان نگهداری مشاهده نگردید.

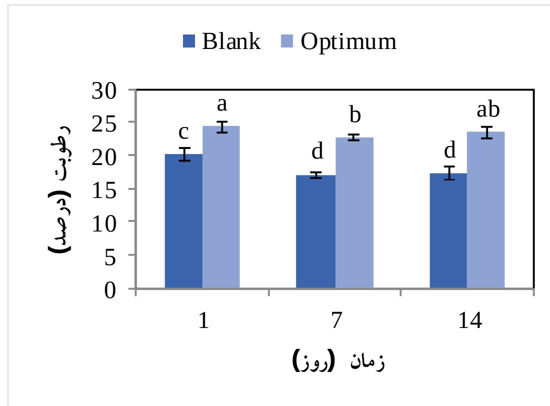
سفتی

نتایج شکل 5 نشان می‌دهد که سفتی کیک تا روز 7 افزایش یافته و پس از آن کاهش داشته است. در ضمن می‌توان گفت میزان سفتی نمونه بهینه بیشتر از شاهد بوده ولی اختلاف معنی‌داری در هر روز آزمون بین آن‌ها وجود ندارد. بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول زمان نگهداری فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی، در آن دخیل است. از طرفی به‌نظر می‌رسد علت اصلی بیاتی محصولات بدون گلوتن در طی نگهداری کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر آن از مغز به پوسته در نتیجه عدم حضور گلوتن، می‌باشد و باعث سفتی بیشتر نسبت به شاهد دارای گلوتن می‌شود. البته حضور صمغ با ایجاد شبکه شبه گلوتنی و وجود فیبر با حفظ و جذب آب از این مهاجرت تا حدی جلوگیری کرده و سفتی را نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش می‌دهد. نقی‌پور و همکاران نیز (1390) با بررسی اثر صمغ گوار بر کیک فاقد گلوتن سورگوم، مشاهده کردند نمونه‌های حاوی صمغ سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد دارند.

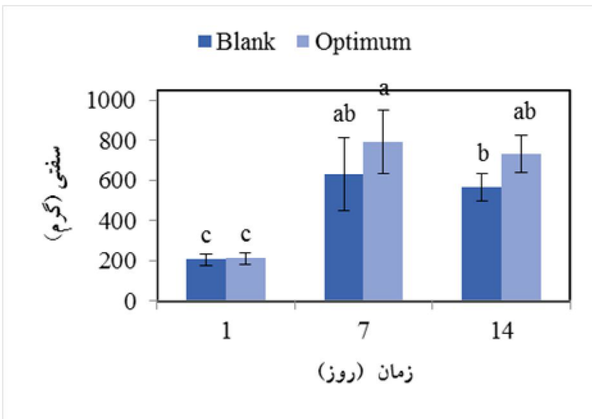
نتیجه‌گیری

در مجموع با بررسی نتایج مشخص شد، پوست انار بیشترین تأثیر را بر دانسیته، سفتی و خصوصیات رنگی کیک‌ها داشته است. صمغ اثر کمتری بر این پارامترها نشان داده و مهمترین نقش را بر رطوبت

کیک‌ها ایفا می کند. در مورد آنزیم می توان گفت، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص کیک ها ندارد. در مورد نمونه بهینه نیز، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافتی تا حد زیادی به نمونه شاهد مشابه بوده و تفاوت اصلی تنها در خواص حسی ناشی از پس طعم پوست انار می‌باشد که با استفاده از طعم‌دهنده‌ها قابل اصلاح است. با گذشت زمان نیز در نمونه بهینه رطوبت کاهش یافته و سفتی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. در نمونه شاهد نیز پس از 14 روز، رطوبت کاهش یافته ولی میزان سفتی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. بنابراین با توجه به نیاز بیماران سلیاکی و خواص سلامتی و شیمیایی ذکر شده برای فیبر و ترکیبات فنولیک و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در پوست انار و نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان از پوست انار برای افزایش خواص مفید کیک فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم، بدون ایجاد تاثیر نامطلوب بر خواص حسی آن و مورد پذیرش برای بیماران سلیاکی و حتی افراد عادی، تا سطح 9/1 درصد به‌همراه 0/56 درصد صمغ گوار، استفاده کرد.



شکل 4- مقایسه میزان رطوبت کیک اسفنجی بهینه و شاهد



شکل 5- مقایسه میزان سفتی کیک اسفنجی بهینه و شاهد

منابع

استاندارد ملی ایران شماره 2705. 1389. غلات و فرآورده‌های آن-روش اندازه‌گیری رطوبت. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م.ب. و کریمی، م.، 1387، تاثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی، مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 4، 46-33.

جعفری، م.، 1393، تولید کیک غنی‌شده با فیبرهای سیب و سیب‌زمینی و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن. پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران.

فضلی، ر.، نظرنژاد، ن. و ابراهیم زاده، م.ع.، 1392، ارزیابی میزان فنل و فلاونوئید تام و فعالیت آنتی اکسیدانی پوست درختان راش، ممرز، و صنوبر، مجله منابی طبیعی ایران، 3، 350-339.

نقی پور، ف.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.ب.، حداد خداپرست، م.ح.، شیخ الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م. و صحرائیان، ب.، 1390، بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ های گوار و گزانتان، فصل‌نامه علوم و صنایع غذایی، 41، 141-127.

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 11th Ed, (74-09).

Cam, M., Cihat, I., Cyer, N. & Erdog, F., 2014, Pomegranate peel phenolics: Microecapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development, LWT-*Food Science and Technology*, 55, 117–123.

Cam, M. & Hisil, Y., 2010, Pressurized water extraction of polyphenols from pomegranate peels, *Food Chemistry*, 123, 878–885.

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. & Sahin, S., 2010, Rheological properties of gluten-free bread formulation, *Journal of Food Engineering*, 96, 295-303.

Gomez, M.F., Ronda, P.A., Caballero, C.A. & Rosell, C.M., 2005, Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, *Food Hydrocolloid*, 21(2), 167-173.

Guarda, A., Rossel, C.M., Benedito, C. & Galotto, M.J., 2003, Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents, *Food Hydrocolloids*, 2, 241-247.

Gulart, M.A., Hera, E., Gomez, M. & Rosell, C.M., 2012, Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties, *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 209-214

Haarasilta, S., Pullinen, T., Tammersalo, I., Vaisanen, S. & Franti, H., 1993, Method of improving the production

process of cereal products by enzyme addition, United State Patent, 9, 517-527.
Hilhorst, R., 1999, Baking performance, rheology and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylinase and oxidative enzymes, *Journal of Food Science*, 64, 808–813.
Jeltema, M.A., Zabik, M.E. & Thiel, L.J., 1983, Prediction of cookie quality from dietary fiber components, *Cereal Chemistry*, 60, 227–230.
Kanatt, S.R., Chander, R. & Sharma, A., 2010, Antioxidant and antimicrobial actives of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products, *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 216–222.
Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y. & Suh, H.J., 2012, Physical and Sensory Characteristics of Fiber-enriched Sponge Cakes Made with Opuntia humifusa, *LWT Food Science and Technology*, 47, 478-484.
Law, B.A. & Whitehurst, R., 2002, Enzymes in food technology, *Sheffield Academic Press*, P, 1-30.
Le-Bail, A., Nicolitch, C. & Vuillod, C., 2010, Fermented frozen dough: impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread, *Food Bioproc Technol*, 3(2),197-203.
Lee, K.Y., Park, S.Y. & Lee, H.G., 2011, Effect of oat β-glucan and its oxidised derivative on the quality characteristics of sponge cake, *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 2663-2668.
Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. & Cheng, S., 2006, Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract, *Food Chemistry* 96, 254-260.
Mastakidou, A. & Blekas Gand Paraskevopoulou, A., 2010, Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil, *LWT-Food Science and Technology*, 43, 949-957.
Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T., 1999, Sensory evaluation techniques, New York. CRC Press.
Popper, L., 2004, Enzymes in biscuit, cracker and wafer production, *Asia Pacific Food Industry*, 16(3), 28-32.
Sariciban, C. & Tahsin Yilmaz, M., 2010, Modelling the effects of processing factors on the changes on cokorparameters of cooked meatballs using response surface methodology, *Journal of World Applied Sciences*, 9, 14-22.
Srivastava, P., Indrani, D. & Singh, R.P., 2014, Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (*DPPP*) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 827-834.
Wang, J. & Rosell, C., 2002, Effect of addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality, *Food Chemistry*, 79, 221-226.
Yaseen, E.I., Herald, T.J., Aramouni, F.M. & Alavi, S., 2005, Rheological properties of selected gum solutions, *Food Research International*, 38(2), 111–119.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 217- 228

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص. 228-217

Effect of pomegranate peel, guar gum and hemicellulase enzyme on the properties of gluten- free sponge cake based on wheat starch

S. Etezazian[1], M. Fazel[2]*, H. Abbasi[2]

Received: 2016.08.22
Accepted: 2016.11.09

Introduction: Sponge cake is one of the most demanded and consuming grain products, but due to its gluten content, it is not usable for patients with celiac disease. In recent years, gluten-free products have gained a great attraction. However, producing gluten-free products has several difficulties such as lack of gluten viscoelastic network protein constituents, lower technological quality and advent of some quality problems in production including low volume and weak texture. Some compounds such as certain enzymes and gums with the aim of improving the texture, mouth feeling and general acceptance, as well as imitating viscoelastic properties of gluten could be employed in the formulation of gluten-free products to make them acceptable for the celiac patients. For this purpose, guar gum is used widely as a thickener and stabilizer for producing gluten-free products. Also, addition of enzymes to grains produce could help in increasing the holding water capacity, improving softness and dough flexibility, enhancing texture and final product's volume. Furthermore, notwithstanding widely researches on the cake, comparing to other production, this production has low nutrition values yet. So, enriched cakes with dietary fiber and natural antioxidants, is one of the goals of the industry. The researches has shown that dried, powdered and extracted pomegranate peel has rich fiber, bioactive materials and high antioxidative characteristics. Therefore, the main purpose of the present research is to study the effect of replacing the pomegranate peel (0-12 %), Guar gum (0-1.5 %) and Hemicellulase enzyme (0-90 ppm), respectively on the physiochemical properties.

Material &Methods: Moisture content measurement of moisture by oven, density by using rapeseed seeds displacement method, hardness (STM 200 device), color index of crumb and crust by using CIE Lab colorimetric system that measure L* (brightness), a* (redness) and b* (yellowish), antioxidant activity with spectrophotometery method in 517 nm wavelength, and sensory properties of gluten-free sponge cake based on wheat starch. In association with sensory test,30 panelists was used for checking desirability of mouth texture, appearance texture, smell and taste, color, after-taste and general acceptance with six point hedonic test that they rated samples from most agreeability to most un agreeability. For this aim, the statistical plan of response surface method (RSM) of central composite design (CCD) with three variables and four central points were used and the texture test was applied four times and the other tests were applied three times. For this purpose the Design-Expert 7.0.0 software was utilized for determining of optimum point (a point in which the minimum density and hardness that this parameters considered as a blank in the cake limits), Duncan examination was used for comparing the average of data and analyze of data was implemented with SPSS 16 software.

Results & Discussion: The results have shown that increasing the percentage of pomegranate peel in the formulation, density and bright and yellowish cakes were decreased and moisture, a* index, DPPH and hardness were increased. From the other hand, increasing the amount of replacing the gum caused to increase density, moisture and hardness. Adding the enzyme had effect in decreasing the light of crust and increasing density and color index in the crust of the cake. Totally was determined pomegranate peel had more effect on the antioxidant activity, density, hardness and colorful properties. Guar gum had fewer effect on this parameters and played most important roll on moisture of cakes. About enzyme can say it didn't have significant effect on properties of cakes. Then, the optimum points has been defined via the software that the amounts of pomegranate peel and the guar gum were estimated at 9.1 and 0.56 %respectively, and the amount for hemicellulase enzyme calculated as 0 ppm. After that, the properties of the optimum cake were compared with blank cake and in addition to previous tests, sensory test was also performed. Moreover moisture and hardness of optimum cake was investigated in during of 14 days storage (days of 1, 7 and 14).The results have shown the physical, chemical and texture

1 and 2. M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad, Iran.
(* Corresponding author's email: mfazeln@yahoo.com)

properties of optimum cake were largely similar to the blank samples and the main difference was in taste sensory properties of pomegranate peel that will corrected with the use of flavor agents. Over time, also, moisture was decreased and hardness was increased primarily and decreased later in both of blank and optimum sample. Therefore, gluten-free cake based on wheat starch with 9.1 percent pomegranate peel and 0.56 percent guar gum can be used, that only doesn't have adverse effect on its properties, but also is acceptable for celiac patient.

Keywords: Gluten-free Sponge Cake, Pomegranate Peel, Guar Gum, Hemicellulase Enzyme, Celiac, Enrichment